裏面入射型赤外線検知器の画素分離溝による空間解像度の向上

Improvement of Spatial Resolution for Back-illuminated Infrared Focal Plane Array by Forming Deep Ditches around Pixels

菅野俊雄[†], 長嶋満宏[†], 梶原信之^{††}

正会員 伊藤雄一郎^{††}, 宮本義博^{††}

Toshio Kanno[†], Mitsuhiro Nagashima[†], Nobuyuki Kajihara^{††}

Yuichiro Ito^{††} and Yoshihiro Miyamoto^{††}

Abstract We have made improvements on the modulation transfer function (MTF) for 256×256 -element HgCdTe back-illuminated infrared focal plane arrays (IRFPA) in the 8 to 10 μm band. In our approach, each HgCdTe photodiode is surrounded by a ditch structure to control the effective photosensitivity profile. In MTF measurements with a four-bar pattern, an IRFPA with a 9 μm deep ditch structure exhibited an improved MTF of 0.39 at the Nyquist frequency, which is about twice that of conventional planar diode structures. Using a two-dimensional model of minority-carrier diffusion in a HgCdTe epilayer, we analytically verified that the MTF increases and that the photocurrent decreases slightly as the ditch depth increases. These results suggest that using the ditch structure to control MTF is effective for resolving the detail of infrared images for back-illuminated IRFPAs.

キーワード：赤外線検知器, IRFPA, HgCdTe, 赤外線, 空間解像度, MTF

1. ま え が き

近年、赤外線検知器は物体表面の温度分布をリアルタイムで画像化できるようになり、セキュリティ監視や製品の製造制御、環境監視などの民生分野に幅広く利用されるようになってきた。赤外線検知器のなかでも、HgCdTe 混晶半導体をフォトダイオードとして用い、Si 信号読出回路とバンプ接続した裏面入射型検知器の開発が進んでいる。HgCdTe は組成の変更による感光波長の選択性と直接遷移型半導体であることから感度が高く、3~5 μm 帯と 8~10 μm 帯の 2 つの大気窓で使われている。

今回、筆者らはすでに基本構成と基本性能について発表している 256×256 画素 10 μm 帯裏面入射型 IRFPA (Infrared Focal Plane Array)¹⁾²⁾ を用いて、赤外線検知器 (カメラ) の画質のひとつの指標となる空間解像度の向上

について検討を行った。裏面入射型 IRFPA の空間解像度の向上は主要な課題として種々の解決策が提案されているが、試算レベルのものが多く、実際のデバイスとの比較検討したものはほとんどない^{3)~5)}。筆者らは、画素となる各フォトダイオード間に格子電極を設け、過剰な光電流を除去する方法の効果については、50 μm ピッチの画素配列に対してすでに検討し、その有効性について報告している⁶⁾⁷⁾。今回、画素数の増大に伴って、画素ピッチを 35 μm と小さくした場合の空間解像度の向上を図る方法として、画素の感光面分離のために空間的な溝を設けて、MTF (Modulation Transfer Function) を指標に解像度の向上をデバイス性能で確認した。この結果と従来構造との比較を行うとともに、分離溝の深さと MTF の関係を実験的に明らかにした。また、ダイオードアレイ内の光による電子濃度分布の定常解を数値計算し、分離溝の深さと MTF の関係を推測できるようにした。これによって、画素ピッチの変更や HgCdTe ダイオードアレイの物性変更に対して、分離溝の MTF への効果を試算できることを示した。

さらに、分離溝による MTF の向上は、感度とのトレードオフの関係になることを示し、赤外線カメラシステムの設計上の検討項目を明らかにした。

1997 年 11 月 5 日受付, 1998 年 4 月 17 日再受付, 1998 年 5 月 7 日採録

[†] 防衛庁 技術研究本部 第二研究所

(〒154-8511 東京都世田谷区池尻 1-2-24, TEL 03-3411-0151)

^{††} 株式会社富士通研究所 基盤技術研究所

(〒243-0197 厚木市森里若宮 10-1, TEL 0462-50-8256)

[†] Technical Research & Development Institute, Japan Defense Agency
(1-2-24, Ikejiri, Setagaya-ku, Tokyo 154-8511, Japan)

^{††} Infrared Devices Laboratory, Fujitsu Laboratories Ltd
(10-1, Wakamiya, Morinosato, Atsugi-shi, Kanagawa 243-0197, Japan)

2. 分離溝を有する HgCdTe-IRFPA の概要

256×256 画素 10 μm 帯 HgCdTe-IRFPA についてはすでに発表しているが、図 1 に基本構造を表 1 に性能のまとめを示す¹⁾²⁾。IRFPA は裏面入射構造で、HgCdTe ダイオードアレイと Si 読出し回路を In バンプで接続したものである。動作時は 80 K に冷却して用いる。感光波長は 8.0～9.3 μm で、F/2.5 の光学系に対して、画素ピッチは 35 μm である。信号読出しはインタレース読出しで、フレーム周波数は 90 Hz を採用している。

空間解像度(MTF)の向上を検討する画素間の感光領域

図 1 HgCdTe-IRFPA の構造
Structure of HgCdTe-IRFPA.

表 1 HgCdTe-IRFPA の特性
Characteristics of HgCdTe-IRFPA.

項 目	性 能
画像サイズ	35 μm × 35 μm
感光波長領域	8.0～9.3 μm
フレーム周波数	90 Hz
温度分解能	0.06 K
電圧感度	$1.1 \times 10^9 \text{ V/W}$
$D^* \lambda p$	$2.4 \times 10^{11} \text{ cm} \cdot \text{Hz}^{0.5} \text{W}^{-1}$

図 2 分離溝の SEM 写真
SEM cross section photograph of ditch structure.

の分離は、HgCdTe ダイオードアレイ内の各フォトダイオードの周囲に、半導体プロセスでのドライエッチング技術を用いて V 字形の分離溝を設けている。図 2 に分離溝の SEM 写真を示す。画素ピッチが 35 μm で、V 字溝の開口部が 3 μm 幅である。溝の深さは 3 μm と 9 μm について実際のダイオードアレイを形成した。

3. 実 験

3.1 MTF の測定

MTF の検討には、① MTF の向上策を施さないプレーナ型、②フォトダイオード表面の周囲に過剰な光キャリア(電子)のドレインを設けた格子電極型、および③ V 字形分離溝型の 3 種類のダイオードアレイについて、単体フォトダイオードの感光プロファイルを求めた。各ダイオードアレイの断面模式図を図 3 に示す。フォトダイオードは、p-HgCdTe エピ層にイオン注入で n 領域を設けている。感光プロファイルの測定には、光源に黒体炉を用い、ピンホールとレンズによってフォトダイオード裏面にスポット光を半値幅で 15 μm 径に集光している。このスポット光を 300 Hz でチョッピングし、フォトダイオード裏面位置で 5 μm ずつ移動しながら、各点でのフォトダイオードの光電流をウェーブアナライザで読取り、感光プロファイルとした。空間周波数に対する MTF は、感光プロファイルに Discrete Fourier Transform(DFT)法を用いて算出した⁸⁾。

図 3 ダイオードアレイの断面構造
Cross section of diode arrays.

IRFPA での MTF の測定は、図 4 に示すように、赤外線カメラの前に 4 バーパターン発生熱源を置き、距離を変えて空間周波数に対する MTF を評価した。MTF の算出には、空間周波数を f として、次式で定義したものを用いた⁹⁾。

$$MTF(f) = \frac{V_{\max} - V_{\min}}{V_{\max} + V_{\min}} \quad (1)$$

ここで、 $V_{\max}$ は空間周波数 f に対する 4 バーパターンの IRFPA 最大出力、 $V_{\min}$ は空間周波数 f に対する 4 バーパターンの IRFPA 最小出力である。図 5 に 1 つのラインの IRFPA 出力例を示す。

赤外線領域では、sin 波形の空間周波数を持った信号源が得難いことから、通常 (1) 式の矩形波による信号のコントラスト比を MTF として定義しているが、感光プロフィールから求めた sin 波形に対する MTF と比較する場合は、Coltman の次式による変換が必要である¹⁰⁾。

$$MTF(f) = \frac{\pi}{4} \left| CTF(f) + \frac{CTF(3f)}{3} - \frac{CTF(5f)}{5} + \frac{CTF(7f)}{7} + \frac{CTF(11f)}{11} + irregular_terms \right| \quad (2)$$

ここで、 $CTF(f)$ は空間周波数 f でのコントラスト比 (Contrast Transfer Function) で、(1) 式で表される 4

バーパターンの MTF に相当する。以後の検討では、sin 波形に対する MTF について検討している。

測定系からもわかるように、ここで測定された MTF は、赤外線カメラとしての総合的なもので、次式で表される。

$$MTF_{\text{カメラ}} = MTF_{\text{レンズ}} \times MTF_{\text{フォトダイオード}} \times MTF_{\text{IRFPA 出力アンプ}} \quad (3)$$

3.2 感光プロフィールの数値解析による試算

2 次元のダイオードアレイ断面に対する裏面入射型の感光プロフィールの試算の基本的な計算法については、すでに発表している⁶⁾⁷⁾。今回、フォトダイオード周囲に分離溝を設けた構造 (図 3) について、裏面から背景光に加えてスポット光を走査し、HgCdTe エピ層内での定常状態での電子濃度分布を数値解析的に求め、フォトダイオードに流入する光電流から感光プロフィールを得た。計算に用いた分離溝の深さは、3、6、9、12 μm である。HgCdTe エピ層は成長条件からフォトダイオードのある表面側が Cd 組成が小さく、感光面となる裏面側が組成が大きい。この組成の違いによる内部電界は約 8.5 V/cm である⁶⁾。p-HgCdTe 内での電子の振る舞いは、次式の連続の式で表される。

$$\frac{\delta n_p}{\delta t} = D_n \left(\frac{\delta^2 n_p}{\delta x^2} + \frac{\delta^2 n_p}{\delta y^2} \right) + \mu_n E \frac{\delta n_p}{\delta x} - \frac{n_p - n_{p0}}{\tau_n} + G \quad (4)$$

ここで、 n_p は p-HgCdTe 内での電子濃度、 D_n は電子の拡散定数、 μ_n は電子の移動度、 E は電界強度、 τ_n は電子のライフタイム、 n_{p0} は電子の平衡濃度、 G は電子の発生割合である。HgCdTe のエピ厚方向を x 方向としている。ダイオード表面と裏面および分離溝の側面と底面の境界条件は表面再結合速度 S_0 をパラメータとして、面の垂直方向に流れる次式の電流で表している。

$$qD_n \frac{\delta n_p}{\delta x} + q\mu_n n_p E = -qS_0(n_p - n_{p0}) \quad (5)$$

ここで q は素電荷である。分離溝の側面と底の部分では、パラメータの表面再結合速度を実測の感光プロフィールと比較し、ドライエッチングによる分離溝面の電子の再結合速度を決めている。

ダイオード (n 領域) の端での電子電流 J_e は

$$J_e = qD_n \left(\frac{\delta n_p}{\delta x} + \frac{\delta n_p}{\delta y} \right) + q\mu_n n_p E \quad (6)$$

図 4 MTF 測定系ブロック図
Test configuration for measuring MTF of infrared camera.

図 5 4 バーパターンの IRFPA 出力 (128 ライン)
Four bar-pattern line output of the 128th line of IRFPA.

表 2 HgCdTe エピ結晶特性
Characteristics of HgCdTe epilayer.

x 値	0.230
キャリア濃度	p 型 $2 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$
電子移動度	$1.14 \times 10^5 \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$
電子拡散係数	$780 \text{ cm}^2/\text{s}$
電子ライフタイム	$1 \times 10^{-8} \text{ s}$
エピ厚	15 μm

図 6 9 μm 深さ分離溝型の HgCdTe エピ層内の電子濃度分布

Electron concentration distributions in 9 μm deep ditch model under (a) photodiode measurement condition and (b) IRFPA readout condition.

である。表 2 に HgCdTe エピ層の特性を示す。解析では、組成の変化に対して、表 2 のパラメータ変化はないとしている。また光は裏面のみですべて吸収されるとしている。

図 6 に 9 μm 深さの分離溝を設けたダイオードアレいの定常状態での電子濃度分布の例を示す。図 6(a) がダイオード単体の光電流測定に対応し、(b) が IRFPA での読出しに相当する。ダイオードの裏面から F/2.5 の光学系で背景温度 300 K の光子が全面に入射し、背景光の 5 倍の中心強度を持ったスポット光が中心ダイオードの隣接部に入射している。IRFPA 読出しでは全部のフォトダイオードが同時に逆バイアスされていることになる。フォトダイオード単体の場合、フォトダイオード表面側で、電子濃度がエピ層の深部より高くなり、盛上がりとして観測される。これは HgCdTe エピ層が成長方向に Cd 組成比が小さくなる組成勾配を持っており、ダイオード表面方向へのエネルギーギャップの減少がもたらす内部電界 E が電子をダイオード表面側へ掃き寄せるためである。

図 7 単体フォトダイオードの感光プロファイル
Experimental and simulated spot profiles.

図 8 感光プロファイルの表面再結合速度依存性
Dependence of spot profiles on electron surface recombination velocity at ditch surface.

4. 結果と考察

4.1 単体フォトダイオードの感光プロファイルと MTF

プレーナ型、格子電極型、3 μm 深さの分離溝型、9 μm 深さの分離溝型の 4 種類のフォトダイオードの感光プロファイル測定結果と数値解析による感光プロファイルを図 7 に示す。各感光プロファイルは最大値で規格化している。

分離溝を用いた場合の数値解析プロファイルは図 8 に示すように、9 μm 分離溝の裏面入射感光プロファイルに対して、分離溝の側面と底面での電子の表面再結合速度をパラメータとして計算して決定した。図 8 から表面再結合速度 S_0 が $1 \sim 3 \times 10^7 \text{ cm/s}$ のとき、実測値と一致する。3 μm 分離溝では $2 \times 10^7 \text{ cm/s}$ の場合を示しているが、よく一致しており、以下の計算ではこの値を表面再結合速度として用いる。図 7 の点で示す測定値と線で示す計算値とはよく一致している。また、プレーナ型の感光プロファイルは HgCdTe 内の電子の拡散長で決まる拡がりを示してい

図 9 光電流と半値幅の関係
Relationship between photocurrent and FWHM.

図 10 単体フォトダイオードの MTF
Experimental and simulated MTF of photodiodes.

る。感光プロファイルの半値幅と感度に相当する光電流との関係は、図 9 に示すように、光電流が半値幅のほぼ 2 乗に比例している。

図 7 の感光プロファイルをフーリエ変換によって、空間周波数に対する MTF に変換したものを図 10 に示す。各点が測定からの MTF で、線で示すのが各構造の数値計算からの MTF である。プレーナ型では、HgCdTe 内の電子の拡散による拡がりによって MTF が大きく劣化している。また格子電極型は、分離溝が 3 μm 深さのものより少し良い。これらに比して分離溝の深さを 9 μm としたものは明らかにナイキスト周波数(14.3 lp/mm)での MTF の値が 0.68 と大きい。数値計算からの結果では、さらに分離溝深さを 12 μm と深くすることによって MTF を 0.8 近くまで改善ができることを示している。

4.2 赤外線カメラ(IRFPA)の MTF

4 バーパターンを用いて測定した赤外線カメラの MTF を(2)式によって sin 波形の MTF に変換したものを図 11 に示す。(a)はプレーナ型ダイオードアレイの IRFPA

(a)

(b)

図 11 赤外線カメラの MTF ((a)プレーナ型, (b)9 μm 深さ分離溝型)

MTFs of (a) planer type and (b) 9 μm deep ditch type infrared cameras.

による MTF で、(b)は 9 μm 深さ分離溝ダイオードアレイの IRFPA を用いた MTF である。測定はレンズの軸上になる IRFPA の中央部で行っている。レンズは赤外線検知器に対して開口整合するように設計されており、3 枚の Ge からなっている。レンズの MTF は軸上での計算値を示している。レンズの MTF と単体フォトダイオードの測定 MTF から計算される MTF をカメラの計算 MTF としてプロットしている。

ナイキスト周波数においてカメラの測定 MTF が、プレーナ型の 0.21 に対して、分離溝型では MTF が 0.39 であり約 2 倍改善できることがわかった。一般的にプレーナ型の場合、赤外線カメラの MTF 測定値が、フォトダイオード単体の MTF とレンズの MTF の積から推測される値より大きい。これは、IRFPA 読出しでは各フォトダイオードが同時にバイアスされ、信号が読出される時に裏面入射光によって発生した電子の HgCdTe エピ層内での拡散が抑制されるためである。分離溝が 9 μm 深さの IRFPA は、単体フォトダイオードの測定 MTF とレンズの MTF

図 12 IRFPA 読出の計算 MTF
Simulated MTF of IRFPAs.

図 13 分離溝深さによる光電流の減少
Decrease of photocurrent with increase of ditch depth.

の積でほぼ表される MTF となっている。これは分離溝によって画素画定が充分に行われていることを示している。また、赤外線カメラの MTF は、上記の(3)式で表すように、レンズ MTF とフォトダイオードの MTF と IRFPA の出力アンプの MTF の積であるから、図 11(b) から IRFPA の出力アンプの MTF はほぼ 1 であると推定される。

4.3 分離溝による MTF 改善効果

IRFPA 読出しとして、各フォトダイオードにバイアスを印加した状態での数値解析による感光プロファイルをフーリエ変換して求めた MTF を図 12 に示す。解析に用いたダイオードアレイは、プレーナ型、格子電極型、3 μm から 12 μm 深さの分離溝型である。図中の点は、図 11 の実測値からレンズの MTF を除いて算出したプレーナ型と 9 μm 深さの分離溝型の IRFPA 読出しの時の MTF である。計算と実測値は良い一致を示す。図 12 の結果は、分離溝を深くすることによって MTF が改善できることを示している。さらに、12 μm 深さの分離溝を設けると、プレーナ型ダイオードアレイに比較して、ナイキスト周波数のところで MTF は約 2 倍改善できることを示しており、この方法の有効性を明らかにしたものと考えている。

図 14 分離溝深さによる MTF の向上
Improvement of MTF by increase of ditch depth.

4.4 分離溝による MTF の改善と感度のトレードオフ

分離溝を設けて MTF を改善することは、図 9 からわかるように、感光面積（感光プロファイルの半値の 2 乗相当）を画素ピッチから決まる面積より小さくすることになるから、感度低下が避けられない。これについて、図 13 に分離溝の深さを変えたときのフォトダイオードへの光電流を単体読出したときと、IRFPA 読出したときの計算値を示す。分離溝を 3 μm から 12 μm に深くしても、光電流の急激な低下はなく、感度の極端な劣化は生じない。これは分離溝面の電子の表面再結合速度が 10^7 cm/s 程度とそれほど大きくないことと、電子が再結合して消滅する面積が溝の深さにほぼ比例するからである。12 μm 深さの分離溝を設けた場合でも、35 μm □の感光面積に対するダイオードの量子効率を 1 とすると、量子効率は約 0.5 である。この値は電荷蓄積型 IRFPA を用いた赤外線カメラの温度分解能を実用レベルの 0.1 K 以下にするのには充分である。また図 14 に分離溝深さに対する MTF の変化について計算したものを示す。MTF は、溝の深さに対してほぼニアに大きくなっている。このように分離溝を設けることにより、極端な感度低下を招くことなく、大幅な MTF の改善が可能である。

実際にダイオードアレイ上に分離溝を形成するには、半導体プロセス上のドライエッチング微細加工技術の確立が必要であるが、ここに示したように、3 μm 開口幅で、深さ 9 μm の分離溝の形成技術は、充分実用可能なレベルにある。また感光波長が 10 μm 帯の IRFPA の場合、 $2.44 \times F$ 値 $\times$ 感光波長で決まる最小エアリーディスク (Airy disk) 径が、25~60 μm 程度であるから、画素ピッチを大きく減少させる要求は、今後、起こらないと考えられる。したがって、本論文で示した分離溝形成技術を用いた MTF 向上方法は、今後ますます利用分野の拡大が考えられる IRFPA の空間分解能の向上技術として充分に実用できるものと考えている。

4.5 赤外線カメラからみた分離溝型 MTF の改善について

赤外線カメラシステムにおいて、MTF の向上は目標物

図 15 分離溝型 IRFPA の撮像例

Thermal images of HgCdTe-IRFPA with ditch structure.

体の詳細を識別できる指標となる MRTD (Minimum Resolvable Temperature Difference) を改善することになる。MRTD は観測者の経験や能力も測定値に反映するが、基本的に赤外線カメラの温度分解能 (NETD) に比例し、MTF 値に反比例する¹¹⁾。したがって、今回検討した分離溝による MTF の向上は、大きな感度低下をもたらさず、MTF の十分な改善を達成できることから、赤外線カメラの画質の向上が期待できる。図 15 に分離溝型 IRFPA を用いた赤外線カメラで撮像した例を示す。MTF の向上によって目標物体の詳細が撮像されている。

5. む す び

256×256 画素 10 μm 帯裏面入射型 IRFPA を用いて、赤外線検知器 (カメラ) の画質のひとつの指標となる空間解像度の向上について検討を行った。裏面入射型 IRFPA の空間解像度の向上策として、画素分離のために空間的な溝を設けて、MTF を指標に解像度の向上をデバイス性能で確認した。従来構造のプレーナ型および格子電極型との比較を行うとともに、分離溝の深さと MTF の関係を実験的に明らかにした。

また、ダイオードアレイ内の光によって発生した電子濃度分布の定常解を数値計算し、分離溝の深さと MTF の関係を推測できるようした。

さらに、分離溝による MTF の向上は、感度とのトレードオフの関係にあるが、分離溝を使用しても感度をさほど損なうことなしに空間分解能の向上が図れることを明らかにした。このことより、分離溝形成の方法が今後の赤外線カメラシステムの解像度向上技術として充分実用化できるものと考えている。

センサ技術に関して、日頃御指導頂いている日本大学理工学部 石井弘允教授に深謝致します。

〔文 献〕

- 1) 菅野, 佐賀, 打越, 伊藤, 梶原, 石崎, 中村: “ハイブリッド型 256×256 画素 10 μm 帯 HgCdTe 赤外線センサ”, テレビ誌, **49**, 4, p. 546 (1995)
- 2) T. Kanno, H. Wada, M. Nagashima, H. Wakayama, K. Awamoto, N. Kajihara, Y. Ito, M. Nakamura: “A 256×256 Element HgCdTe Hybrid IRFPA for 8-10 μm Band”, SPIE, **2552**, p. 384 (1995)
- 3) S. E. Botts: “Design and Performance of a SWIR HgCdTe Hybrid Module for Multispectral Linear array/Landsat Applications”, IEEE Trans. Electron Devices, **ED-32**, p. 1584 (1985)
- 4) S. Gupta, V. Gopal, K. C. Chhabra: “Carrier Diffusion Limited MTF of a Back-illuminated PV Detector Array”, Infrared Phys. **30**, p. 41 (1990)
- 5) I. Bloom, Y. Nemirovsky: “Quantum Efficiency and Crosstalk of an Improved Backside-illuminated Indium Antimonide Focal-Plane Array”, IEEE Trans. Electron Devices, **38**, p. 1792 (1991)
- 6) T. Kanno, M. Saga, N. Kajihara, K. Awamoto, G. Sudo, Y. Ito, H. Ishizaki: “Development of LPE-grown HgCdTe 64×64 FPA with a Cutoff Wavelength of 10.6 μm ”, SPIE, **2020**, p. 49 (1993)
- 7) G. Sudo, N. Kajihara, Y. Ito: “Controlling the Active Area of HgCdTe Photodiodes Using an Internal Electric Field”, Proc. 1st International Symposium on Long Wavelength Infrared Detectors and Arrays: Physics and Applications and 19th State-of-the-art Program on Compound Semiconductors (SOTAPOCS XIX), p. 187 (1993)
- 8) G. C. Holst: “Testing and Evaluation of Infrared Imaging Systems”, JCD Publishing Co (Florida), p. 266 (1993)
- 9) *ibid.* p. 234 (1993)
- 10) *ibid.* p. 238 (1993)
- 11) *ibid.* p. 339 (1993)

菅野 俊雄 1963 年, 東北大学工学部電気工学科卒業。1964 年, 防衛庁技術研究本部入庁。技術研究本部第 2 研究所にて, 赤外線センサシステムの研究開発に従事。現在, 第 2 研究所第 3 部光波システム研究室勤務。

ながしま みつひろ 長嶋 満宏 1989 年, 東京大学理学部物理学学科卒業。1992 年, 防衛庁技術研究本部入庁。技術研究本部第 2 研究所にて, 赤外線受光素子の材料・デバイスの研究開発に従事。現在, 第 2 研究所第 3 部光波第 4 研究室員。

かじはら のぶゆき 梶原 信之 1980 年, 広島大学大学院工学研究科材料工学修士課程修了。同年, (株)富士通研究所に入社。以来, CCD センサ, HgCdTe 赤外線検知器のプロセスとデバイス開発に従事。現在, 同社基盤技術研究所赤外線デバイス研究部主任研究員。

いとう ゆういちろう 伊藤 雄一郎 1974 年, 名古屋大学大学院工学研究科電子工学修士課程修了。同年, (株)富士通研究所に入社。以来, CCD センサ, CCD フィルタ, HgCdTe 赤外線検知器の研究開発に従事。現在, 同社基盤技術研究所担当部長。正会員。

みやもと よしひろ 宮本 義博 1975 年, 静岡大学大学院工学研究科電子工学修士課程修了。同年, (株)富士通研究所に入社。以来, CCD, HgCdTe 赤外線検知器の設計, プロセス, デバイス開発に従事。現在, 同社基盤技術研究所赤外線デバイス研究部部長。